DIE BEEINFLUSSUNG DER TUBENVENTILATION BEI EINGRIFFEN IM EPIPHARYNX (ADENOTOMIEN)

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
FRANZ TEMP
aus Schiefbahn

Bonn 1976

DIE BEEINFLUSSUNG DER TUBENVENTILATION BEI EINGRIFFEN IM EPIPHARYNX (ADENOTOMIEN)

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
FRANZ TEMP
aus Schiefbahn

Bonn 1976

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Priv.Doz. Dr. H.-J. Opitz

2. Gutachter: Prof. Dr. S. Kowalewski

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik
für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke, Bonn

Direktor: Professor Dr. W. Becker

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Druck: Richard Schwarzbold, 5305 Witterschlick b. Bonn

G l i e d e r u n g

1. Physiologie der Mittelohrventilation
   - 1.1 Physiologie des Mittelohres
   - 1.2 Mittelohrräume
   - 1.3 Physiologie der Ohrtrompete
   - 1.4 Pathophysiologie der Tubenventilation

2. Krankhafte Hyperplasie der Rachenmandel
   - 2.1 Allgemeines
   - 2.2 Einfluß der hyperplastischen Rachenmandel auf die Tubenventilation
   - 2.3 Adenotomie

3. Tubenfunktionsprüfungen
   - 3.1 Valsalva-Versuch
   - 3.2 Toynbee-Versuch
   - 3.3 Weitere Möglichkeiten der Tubenfunktionsprüfungen

4. Tympanometrie
   - 4.1 Impedanz des Mittelohres
   - 4.2 Methoden der Impedanzmessung
   - 4.3 Tympanometrie
   - 4.4 Tympanogramme bei normalen und pathologischen Verhältnissen im Mittelohr

5. Meßvorgang, Ergebnisse

6. Fallbeschreibungen
   Diskussion

7. Zusammenfassung

8. Literaturverzeichnis

9. Lebenslauf

1. Physiologie der Mittelohrventilation

1.1 Physiologie des Mittelohres

Das Mittelohr, bestehend aus Trommelfell, Gehörknöchelchenkette, Ohrtrompete und Mittelohrräumen, dient der Ankoppelung des Luftschalles an das in einem Flüssigkeitssystem arbeitende Labyrinth. Es paßt den akustischen Widerstand der Luft demjenigen der Perilymphe an. Träfe der Luftschall direkt auf die Perilymphe, würde fast 100 % der Schallenergie reflektiert und somit unwirksam.
Die Umwandlung des Schalldrucks wird zum weitaus größten Teil durch das Größenverhältnis zwischen dem schwingenden Teil des Trommelfells und der Steigbügelfußplatte (15,4 : 1), zum geringeren Teil durch die Hebelwirkung der Gehörknöchelchen (1,3 : 1) erreicht. Beide Einflüsse multiplizieren sich und ergeben am ovalen Fenster eine Schalldruckerhöhung von 20 : 1. Das luftangepaßte Trommelfell setzt den Luftschwingungen keinen Widerstand entgegen und leitet sie über die Gehörknöchelchenkette auf die Perilymphe des Vestibulums. Die Funktion der beiden Binnenohrmuskeln ist noch nicht völlig geklärt. Sie reagieren reflektorisch auf stärkere überschwellige Schallreize. Der Musculus tensor tympani (Innervation durch Nervus trigeminus) spannt das Trommelfell durch Einwärtsbewegung des Manubriums, der Musculus stapedius (Innervation durch Nervus facialis) kippt den Stapes nach hinten. Bei Kontraktion versteifen sie die Kettenglieder und führen so zu einer Erhöhung des Schallwiderstandes.

1.2 Mittelohrräume

Das Mittelohr stellt eine Kammer dar mit starren, knöchernen, schleimhautbedeckten Wänden. Die starren Wände werden lediglich in einem Bereich von 50 - 90 mm^2 durch eine elastische Membran, das Trommelfell, ersetzt.
Ferner besteht ein Verbindungskanal, die Tube, von ca. 35 mm Länge zwischen den Mittelohrräumen und Nasenrachenraum.
Das Volumen der Mittelohrräume, zusammengesetzt aus Paukenhöhle mit relativ konstantem Volumen und den pneumatischen Räumen des Warzenfortsatzes, weist große interindividuelle Unterschiede auf.
Das im Mittelohr eingeschlossene Gas steht normalerweise unter einem Druck, der vom Druck der Umgebungsluft kaum abweicht. Druckänderungen treten ein, wenn sich entweder die Gasmenge bei gleichbleibendem Mittelohrvolumen oder das Mittelohrvolumen bei gleichbleibender Gasmenge ändert.
Nach FELDMANN (3) tritt eine Änderung des Mittelohrvolumens ein:

1. durch Bewegung des Trommelfells
   a) infolge Druckdifferenz zwischen Mittelohr und Umgebungsluft
   b) infolge Kontraktion der Binnenohrmuskeln
2. durch Volumenänderungen der Schleimhaut
   a) infolge wechselnder Füllung der Blutgefäße
   b) infolge Flüssigkeitseinlagerung (Oedem)
   c) infolge von Wachstumsvorgängen
3. durch Flüssigkeitsansammlung (Transsudat, Exsudat)
4. durch frustane Öffnungsbewegungen der Tube.

Eine Änderung der Gasmenge im Mittelohr tritt ein:

1. durch Diffusion in das Gewebe und aus dem Gewebe
2. durch Luftdurchtritt durch die Tube.

1.3 Physiologie der Ohrtrompete

Die Ohrtrompete (Tuba auditiva, Tuba EUSTACHII) stellt die einzige physiologische Verbindung zwischen Paukenhöhle und Nasenrachenraum dar. Ihre wichtigste Aufgabe besteht darin, den für die Schalleitung notwendigen Druckausgleich zwischen Mittelohr und Außenwelt zu schaffen. Die Gesamtlänge der Ohrtrompete schwankt im allgemeinen zwischen 31 und 38 mm, kann aber 44 mm erreichen. Der knorpelige Teil nimmt zwei Drittel (24 - 26 mm), der knöcherne ein Drittel (11 - 12 mm) dieser Länge ein.
Beide Teile sind im Isthmus miteinander verbunden.
Die Tube verläuft schräg nach vorn medial und unten, so daß das tympanale Ostium in der Regel 1 - 2,5 cm höher liegt als das pharyngeale. Ihre Achse ist fast stets am Isthmus in einem nach unten offenem, großen stumpfen Winkel abgebogen und liegt gleichmäßig schräg zu allen Hauptebenen des Schädels, da sie mit jeder der drei Ebenen einen Winkel von 45 Grad bildet (ZÖLLNER, 12).
Der knöcherne Anteil ist ein Trichter (s. Abb. 1), der sich bei einer Länge von 11 - 12 mm, von der Pauke kommend, bis auf ein Lumen von 1 x 2 mm verengt. Hier an diesem Isthmus beginnt der knorpelige, 24 - 26 mm lange Abschnitt, in dem sich das Lumen wieder trichterförmig zum Nasenrachenraum erweitert.

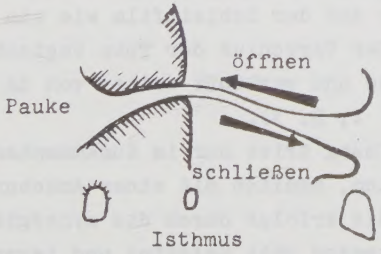


Abbildung 1

Dieser Isthmus ist auch Grenze für die verschiedenen Epithelauskleidungen. Im knöchernen Teil liegt noch Paukenschleimhaut vor, im knorpeligen Abschnitt ist es Flimmerepithel.
Die seitlichen Begrenzungen des knorpeligen Tubenabschnittes bilden der hakenförmige Tubenknorpel, die Aponeurose des Musculus tensor veli palatini und der Bauch des Musculus levator veli palatini.
Die wichtigste Aufgabe der Tube ist, wie schon oben erwähnt, einen Druckausgleich zwischen Mittelohr und Außenwelt (Nasenrachenraum) zu schaffen. Andererseits sollte sie kein zusätzlicher Leitungsweg für den Schall sein, da eine störende Interferenz zwischen dem über den Gehörgang und dem über die Tube ankommenden Schall aufträte. Diese funktionellen Anforderungen erfüllt ein spezieller Öffnungs- und Schließmechanismus.
Das Lumen der Tube ist normalerweise geschlossen. Hierbei spielen verschiedene Faktoren eine Rolle (FELDMANN, 3):

1. die elastische Spannung des Tubenknorpels
2. die Oberflächenspannung des Schleimfilms
3. der Druck des peritubaren Gewebes
4. bestimmte Konstellationen von Druck und Sogwirkungen.

Die Öffnungs- und Schließbewegungen vollziehen sich nur im knorpeligen Abschnitt der Tube; der knöcherne, starre Abschnitt ist hieran nicht beteiligt. Die aktive Öffnung beginnt am pharyngealen Ostium der Tube und verläuft weiter zum Isthmus, in dem der Schleimfilm wie ein Reißverschluß gelöst wird. Der Verschluß der Tube beginnt umgekehrt am Isthmus der Tube und verläuft weiter von da zum pharyngealen Ostium (s. Abb. 1, S. 3).
Eine aktive Öffnung tritt nur im Zusammenhang mit einer muskulären Aktion, nämlich mit einer Anhebung des Gaumensegels, ein. Sie erfolgt durch die synergistische Kontraktion der M.m. tensor veli palatini und levator veli palatini (ZÖLLNER, 12). Dies ist zum Beispiel beim Gähnen oder

Schlucken der Fall.
Bei der Phonation tritt nur der M. levator veli palatini in Aktion. Die Tube öffnet sich nicht.
Neben dieser wichtigen Aufgabe des Druckausgleiches dient die Tube als Transportweg für eine Selbstreinigung der Pauke. Der Flimmerstrom des Tubenepithels ist gegen das pharyngeale Ostium hin gerichtet. Bei krankhaften und Ausnahmebedingungen, z. B. Ansammlung von Transsudaten und Exsudaten - das Paukenepithel sezerniert normalerweise nicht - werden Verunreinigungen durch die Tube zum Nasenrachenraum transportiert. Die Drainagefunktion der Tube wird durch den Schluckakt unterstützt. Allerdings ist ein Druckausgleich notwendig, da Sekrete gegen steigenden Unterdruck im Mittelohr nicht heraus befördert werden.
Eine weitere Bedeutung des Flimmerstroms scheint in einer Abwehr von Bakterien zu liegen, die ascendierend durch die Tube ins Mittelohr eindringen könnten.
Zwischen der Drainagefunktion und der Druckausgleichsfunktion der Tube besteht keine direkte Beziehung. Störungen der Drainagefunktion haben ihren Sitz und ihre Ursache oft in pathologischen Veränderungen des Protympanons (z. B. Schleimhautveränderungen), Störungen der Ventilationsfunktion mehr im Bereich des pharyngealen Ostiums (adenoide Vegetationen, Narben).

1.4 Pathophysiologie der Tubenventilationsstörungen

Als typische Tubenventilationsstörungen sind zu nennen:

1) Barotraumen des Mittelohres

Sie entstehen, wenn sich der Außendruck innerhalb kurzer Zeit beträchtlich ändert und das in Körperhöhlen eingeschlossene Gas an diesen Druckänderungen nicht teilhehmen kann. Dies ist der Fall zum Beispiel beim Tauchen, Absteigen mit dem Flugzeug, Abfahren mit Fahrstühlen, wobei der Außendruck zunimmt. Werden beim Absteigen mit dem Flugzeug (ohne Druckkabinen) nicht ausreichend häufig aktive Tubenöffnungen vorgenommen, bildet sich eine solch starke Druckdifferenz zwischen Mittelohr und Außenluft aus, daß der Tubenöffnungsmechanismus sie nicht mehr überwinden kann. Das ist bei einer Druckdifferenz von ca. 80 bis 120 cm H_2O der Fall.
Die Folge dieser Tubenblockade ist eine starke hyperämische Schwellung der Paukenschleimhaut, die schließlich sogar zu Blutaustritt und Transsudation in das Mittelohr führen kann.

2) Die offene Ohrtrompete,

die verschiedene Ursachen haben kann.

3) Die Tube bei Gaumenspalten,

bei der der muskuläre Öffnungsmechanismus gestört ist.

4) Der Tubenmittelohrkatarrh

Die Ätiologie dieser häufigen Ohraffektion ist nicht einheitlich. Adenoide Wucherungen, virale und bakterielle Entzündungen der Nasen- und Tubenschleimhaut, allergische Reaktionen, anatomische Besonderheiten können am Anfang der Kausalkette stehen.
Die charakteristischen Symptome des Krankheitsprozesses finden aber ihre Erklärung letztlich in einer Ventilationsstörung der Tube (FELDMANN, 3).

Aus dem Mittelohr wird durch den Kontakt mit dem auskleidenden Epithel kontinuierlich Gas resorbiert. Da bei gestörter Tubenfunktion nicht genügend Luftvolumen zum Ausgleich der Druckdifferenz transportiert werden kann, bleibt im Mittelohr ein Unterdruck erhalten. Solange er gering ist, hat er noch keinen wesentlichen Einfluß auf den aktiven Tubenöffnungsmechanismus, so daß Strömungswiderstand und Öffnungsdauer bei jeder Tubenöffnung unverändert bleiben und durch die stärkere Druckdifferenz eine größere Luftmenge transportiert wird und sich so ein Gleichgewicht auf einem insgesamt niedrigeren Mittelohrdruck einstellt.
Ist die Funktionsstörung der Tube jedoch größer, d. h. ist der Strömungswiderstand größer und die Öffnungsdauer noch kürzer, so wird der Unterdruck im Mittelohr so groß, daß er sich auf den Füllungszustand der Schleimhautgefäße und die Permeabilität der Kapillaren direkt auswirkt. Es kommt zum Austritt von Transsudaten. Schließlich führt ein stärkeres Ansteigen des Unterdruckes im Mittelohr durch Schwellung der Tubenschleimhaut zur Behinderung des Tubenöffnungsmechanismus, so daß allmählich das Luftvolumen des Mittelohres erheblich vermindert wird, wobei an der Stelle des elastischen Gases die inkompressible Flüssigkeit tritt.

2. Die krankhafte Hyperplasie der Rachenmandel

2.1 Allgemeines

Physiologisch setzt im Alter von 1 bis 3 Jahren eine Volumenzunahme des lymphatischen Rachenringes durch Vermehrung der Gewebselemente ein, die sich besonders durch eine Zunahme von Zahl und Größe der Lymphfollikel ausdrückt (FALK, P., H. MAURER, 2).
Am häufigsten und ausgeprägtesten ist hiervon die Rachenmandel, weniger die Gaumenmandeln und selten die übrigen Abschnitte des WALDEYERschen Rachenringes betroffen.
Mit Eintritt der Pubertät beginnt die Phase der Rückbildung.

Von dieser normalen altersbedingten Hyperplasie bestehen fließende Übergänge vom noch Physiologischen bis zum schon Pathologischen der krankhaften Hyperplasie.
Es handelt sich dabei um eine weitverbreitete Erkrankung des Kindesalters, die aber auch bei Erwachsenen vorkommen und Ursache verschiedener Erkrankungen sein kann.
Zur Symptomatologie und Verlauf ist zu sagen, daß durch die Größenzunahme der Rachenmandel eine Behinderung der Nasenatmung eintritt, so daß die behinderte Nasenatmung das Hauptsymptom darstellt. Die dadurch verursachte Mundatmung zieht wiederum eine Reihe von Schädigungen nach sich: Austrocknung der Schleimhäute, unphysiologische Mundflora, rezidivierende Anginen, Irritationen des Larynx und Trachea, Dauerschnupfen verbunden mit Affektionen der Nebenhöhlen. Vereinzelt kommt auch offenes Näseln vor, wenn durch eine übergroße Rachenmandel der Abschluß des Epipharynx durch das Gaumensegel beim Sprechen ungenügend ist.

2.2 Einfluß der hyperplastischen Rachenmandel auf die Ohrtrompete

In der Literatur wird angegeben, daß es als Folge der Hyperplasie der Rachenmandel zur Verlegung der Tubenostien mit chronischem Tubenverschluß oder Tubenmittelohrkatarrhen mit all ihren möglichen Folgen kommen kann.
TIEDEMANN (11) und KRAUS (5) sind der Ansicht, daß durch eine vergrößerte Rachenmandel eine effektive Verlegung des Ostium pharyngicum viel seltener vorkommt als allgemein angenommen wird. Vielmehr nehmen sie an, daß durch die reichliche Besiedelung der adenoiden Vegetationen mit Mikroorganismen die Tube in einem chronisch übergeleiteten Reizzustand unterhalten wird.
MÜNKER (6) kommt durch neuere Untersuchungen zu dem Schluß, daß bei der häufig beobachteten kindlichen Mittelohrschwerhörigkeit (bedingt durch Sekretansammlung im Mittelohr) die vergrößerte Rachemandel in der Weise eine Rolle spielt, daß sie die Bewegung des Tubenknorpels bei der aktiven Öffnung durch Schlucken behindert, das pharyngeale Ostium aber selten vollständig verlegt. Er kam bei seinen Untersuchungen zu folgenden Ergebnissen (s. Tabelle):

Druckausgleich durch Schlucken

	präoperativ		postoperativ	
	+	−	+	−
AT	30 %	70 %	90 %	10 %
PKR mit AT			69 %	31 %
PKR ohne AT			28 %	72 %

Tabelle 1 = Abbildung 2

AT = Adenotomie PKR = Paukenröhrchen

Er geht davon aus, daß für die Beurteilung der Tubenfunktion nicht der passive Luftdurchtritt, sondern die Fähigkeit zum Druckausgleich durch Schlucken maßgebend ist.
Das Zeichen + bedeutet die Fähigkeit zum Druckausgleich; das Zeichen - deutet an, daß nach mehrmaligem Schlucken keine Änderung einer experimentell erzeugten Druckdifferenz zwischen Mittelohr und Nasenrachen festzustellen war.
Die prä- und postoperative Untersuchung bei der Adenotomie allein wurde bei nicht schwerhörigen Kindern in der Druckkammer durchgeführt.
Nach Einlage von Paukenröhrchen wurden die Werte postoperativ bei adenotomierten Patienten vom Gehörgang aus manometrisch bestimmt.
Hieraus ist zu erkennen, daß das Vorhandensein einer vergrößerten Rachenmandel die Fähigkeit zum Druckausgleich zwischen Mittelohr und Nasenrachen einschränkt und die Adenotomie diese Fähigkeit eindeutig bessert.

2.3 Adenotomie

Nach FALK und MAURER (2) ist die Indikation für Entfernung der Rachenmandel gegeben bei:

1. pathologischer Mundatmung infolge Rachenmandelhyperplasie
2. rezidivierenden Tubenkatarrhen, rezidivierenden Otitiden und chronisch mesotympanalen Mittelohreiterungen sowie Schalleitungsschwerhörigkeiten mit insuffizienter Tubenfunktion
3. chronischer Rhinitis, Rhinopharyngitis und Sinusitis
4. Sinubronchitis
5. chronischen und chronisch rezidivierenden Infekten der oberen Luftwege sowie therapieresistente Bronchitiden und Reizhusten
6. rezidivierenden stenosierenden Laryngotracheitiden
7. ungeklärten kurzdauernden Temperaturerhöhungen bei entsprechendem, wenn auch nicht ausgeprägtem Lokalbefund
8. unter Umständen bei Diphteriebazillenträgern (meist in Verbindung mit Tonsillektomie)

Kontraindikationen sind Hämophilie und andere hämorrhagische Diathesen ohne entsprechende Vorbehandlung, sowie schwere Allgemeinerkrankungen und Infektionskrankheiten.

Normalerweise wird eine AT nicht vor dem 3. Lebensjahr durchgeführt. Soweit der Operationstermin überhaupt gewählt werden kann und der Eingriff nicht erst später notwendig wird, sollte die AT vor der Einschulung des Kindes erfolgen, um die obengenannten Infektgefahren zu vermeiden.
Die Durchführung der AT erfolgt in Intratrachealnarkose (ITN). Dabei wird nicht nur die Rachenmandel entfernt, sondern auch

noch eine Säuberung der seitlichen Buchten des Rhinopharynx hinter dem Tubenknorpel durchgeführt.
Bei sachgemäßer Ausführung sollte der Tubenknorpel nicht verletzt werden.
In einem größeren Prozentsatz ist eine Readenotomie erforderlich. Meist handelt es sich um hyperplasierte Reste der ersten AT. Das Nachwuchern ist aber nicht immer auf eine unzureichende Ausräumung bei der Erstoperation zurückzuführen (FALK, MAURER, 2); je jünger ein Kind bei der Erstoperation ist, umso größer wird die Wahrscheinlichkeit eines "Rezidivs" der adenoiden Vegetationen.
Unter bestimmten Voraussetzungen kann eine AT ambulant durchgeführt werden. In der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten Bonn ist es üblich, die Kinder zur Operationsvorbereitung einen Tag vor der Operation aufzunehmen und aus Sicherheitsgründen (Gefahr von Nachblutungen) noch 24 Stunden nach der Operation zu beobachten.
Der Operation geht eine klinische Allgemeinuntersuchung voran. Ebenfalls werden Blutbild- und Urinkontrollen, sowie Temperaturmessungen, gegebenenfalls auch Bestimmung der Blutungs- und Gerinnungszeit neben Erhebung einer Anamnese zum Ausschluß von Allgemeinerkrankungen, die eine Kontraindikation darstellen, präoperativ durchgeführt.

3. Tubenfunktionsprüfungen

3.1 VALSALVA - Versuch

Dieser Versuch basiert darauf, daß durch Schaffung einer Druckdifferenz zwischen pharyngealem und tympanalen Tubenostium Luft ohne Mithilfe des aktiven Öffnungsmechanismus der Tube vom Nasenrachenraum in die Pauke eintreten kann.

Hierzu läßt man den Patienten bei geschlossenem Mund und zugehaltener Nase Luft in den Nasenrachenraum hineinpressen.
Objektiv kann man den erfolgten Luftdurchtritt otoskopisch an einer Auswärtsbewegung des Trommelfells, auskultatorisch oder mittels Tympanometrie (siehe unten) an einer Impedanzänderung des Mittelohres erkennen.
Bei diesem Versuch entsteht im Mittelohr vorübergehend ein Überdruck, der sich dadurch ausgleicht, daß entweder spontan Luft aus der Tube entweicht oder der Druckausgleich stufenweise jeweils beim Schlucken durch den aktiven Öffnungsmechanismus der Tube zustandekommt.
Ein verbleibender Residualdruck ist ein Zeichen für eine behinderte Tubenventilation.

3.2 TOYNBEE - Versuch

Bei diesem Versuch läßt man den Patienten bei zugehaltener Nase schlucken (Kindern gibt man einen Schluck Wasser in den Mund) und kann dann bei intakter Tubenfunktion und geschlossenem Trommelfell den Luftdurchtritt ebenfalls otoskopisch, auskultatorisch oder als Impedanzänderung des Mittelohres registrieren.
Bei diesem Versuch bildet sich im Mittelohr teilweise ein

Überdruck, teilweise auch ein geringer negativer Druck. In ca. 50 % der Fälle überträgt sich die Druckschwankung vom Nasenrachenraum nicht auf die Tube, obwohl keine Funktionsstörung vorliegt.
Der positive Ausfall dieses Versuches zeigt eine gute Tubenfunktion an, während der negative Ausfall keine Ventilationsstörung als Ursache haben muß.

3.3 Weitere Möglichkeiten der Tubenfunktionsprüfungen

Weitere Möglichkeiten der Tubenfunktionsprüfungen bestehen durch Tubenwiderstandsmessungen nach ZÖLLNER (13), ferner durch Anwendung des Pneumophons nach VAN DISHOECK (1). Mit letzterem Gerät kann der Paukendruck manometrisch-akustisch gemessen werden; und zwar wird mittels des Pneumophons ein Ton in den luftdicht abgeschlossenen Gehörgang gegeben und gleichzeitig ein Unterdruck geschaffen. Ein retrahiertes Trommelfell wird so wieder in Normallage gebracht. Durch wechselndes Vermindern und Erhöhen des Druckes wird die Zone des deutlichsten Hörens ermittelt und an einem Manometer der Druck gemessen, der dann dem Paukendruck entsprechen soll.
Dieses Verfahren ist heute durch die objektive Tympanometrie abgelöst worden.

4. Tympanometrie

4.1 Impedanz des Mittelohres

Der Begriff der Impedanz ist wegen vorhandener Analogien der Elektroakustik bzw. Elektronik entliehen. Sie ist dort definiert als das komplexe Verhältnis von Spannung zu Strom und analog dazu als Kraft zur Schnelle in der Mechanik (nähere mathematischphysikalische Definition bei OPITZ, 7). Unter der akustischen Impedanz, gemessen in Einheiten von akustischem Ohm, verstehen wir den Widerstand, den ein Medium einer Schallwelle entgegensetzt.
Trifft ein Tonsignal auf ein Medium, so wird ein Teil der akustischen Energie resorbiert, während der andere Teil reflektiert wird. Diese reflektierte Schallwelle entspricht in ihrer Frequenz der der auftreffenden Schwingungen, Amplitude und Phase sind jedoch abhängig von den Verhältnissen, die beim jeweiligen Medium herrschen.
Die am Trommelfell des Mittelohres wirksame Impedanz ist komplex und wird durch folgende Hauptglieder bestimmt:

1. Nachgiebigkeit und Masse des Trommelfells
2. Akustische Impedanz der Mittelohrräume
3. Koppelung zwischen Trommelfell und Gehörknöchelchenkette
4. Masse des Hammers und Amboß
5. Nachgiebigkeit der Bänder und Muskeln, die die Gehörknöchelchen im Gleichgewicht halten
6. Nachgiebigkeit des Amboß-Stapes-Gelenkes
7. Nachgiebigkeit des ovalen Fensters
8. Akustische Impedanz am Eingang zur Cochlea

Dazu kommt noch bei allen Elementen die Reibung.
Diese Impedanz wird bei niedrigen Frequenzen (bis 500 Hz) dominant durch die Resultierende der Compleancen (Nach-

giebigkeit bzw. Federwirkung) bestimmt.
Masse und Widerstand gewinnen erst bei höheren Frequenzen an Bedeutung.
Eine Änderung der Impedanz läßt Rückschlüsse auf Änderungen im System des Mittelohres als Folge von abgelaufenen oder ablaufenden Krankheiten zu.

4.2 Methoden der Impedanzmessung

Bei den Methoden der Impedanzmessung lassen sich prinzipiell eine direkte und eine indirekte (elektro-akustische) Methode unterscheiden.

1. Direkte Impedanzmessung

Sie wurde zuerst von SCHUSTER (9) mit der nach ihm benannten SCHUSTER-Brücke durchgeführt.

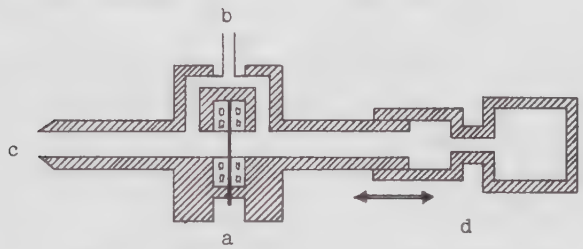


Abbildung 3

In der Mitte der Brücke befindet sich eine Membran (a), die in den jeweils seitlich angebrachten Röhren Schwingungen erzeugt. Wenn sie zur einen Seite ausgelenkt wird, erzeugt sie Verdichtung der Luft in der einen, Verdünnung in der anderen Röhre.
Diese sich in beiden Röhren gegenphasig ausbreitenden Wellen erzeugen durch Reflexion eine bestimmte Dichteverteilung bzw. ein bestimmtes Verteilungsmuster, das durch die akustische Impedanz am Ende bestimmt wird.

Ein über beiden Röhren angebrachtes y-förmiges Abhörrohr (b) dient dem Abhören. Bei gleichen Abschlußimpedanzen und somit bei Gleichheit des Verteilungsmusters in beiden Röhren wird ein Nichthören über der Monitorstelle die Folge sein.
Erst bei einer Differenz der Abschlußimpedanzen ist ein Ton an dieser Stelle zu hören.
Die Messung einer unbekannten Impedanz (Trommelfellimpedanz /c/) gelingt durch den Vergleich mit einer bekannten variablen Impedanz (d).
ZWISLOCKI (14) verbesserte die SCHUSTERsche Brücke und entwickelte eine entsprechende akustische Brücke für klinische Zwecke zur direkten Impedanzmessung.
Durch die Brücke von ZWISLOCKI wird der Einfluß des äußeren Gehörganges ausgeschaltet, indem zur Einbeziehung bzw. Eichung des äußeren Gehörganges ein Hilfsvolumen am Ende der Vergleichsröhre eingeführt wird, das vorher mittels Alkoholfüllung im Gehörgang bestimmt wurde.

2. Indirekte (elektro-akustische) Methode

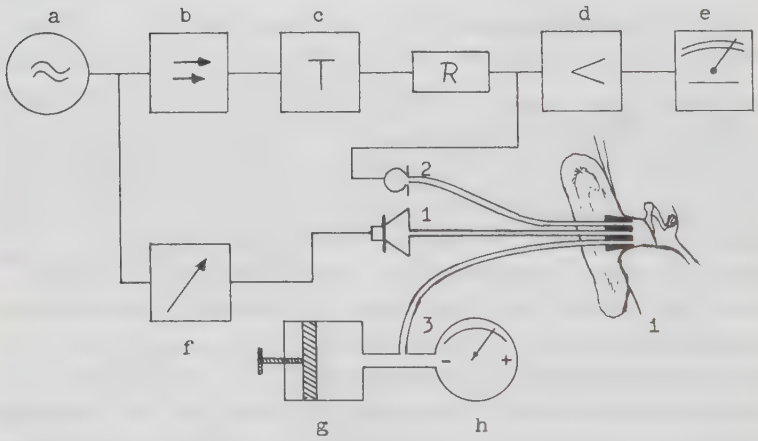
Das Prinzip dieser Methode beruht darauf, einen dem Trommelfell zugeführten Ton mit dem reflektierten zu vergleichen und über einen Null-Abgleich zu kompensieren. Nach diesem Abgleich von Phase und Amplitude des zugeführten und reflektierten Tones können relative Impedanzänderungen, z. B. durch den Stapediusreflex, als Ausschlag von dem zuvor eingestellten Nullabgleich registriert werden.
Die heute häufig angewandte Brücke von MADSEN ZO 70/72 gestattet auch die Messung von absoluten Impedanzen.
Das Prinzip beruht auf der Tatsache, daß schallharte Hohlräume bei Zuführung eines Sinustones bestimmter Frequenz und Intensität einen Schallpegel aufbauen, der umso größer wird, je kleiner der Hohlraum und umso kleiner wird, je größer sich der Hohlraum ausdehnt.
So ist es möglich, das Gehörgangsvolumen zu messen, wenn durch eine Sonde ein Überdruck von mehr als 200 mm Wassersäule im Gehörgang und damit ein starrer Abschluß zum Trom-

melfell erreicht wird.
Auf die Voraussetzung dieser Methode, nämlich die Dominanz der Compleance des Trommelfells für die absolute Impedanz bei tiefen Frequenzen, wurde oben schon hingewiesen.
Daher wird ein Testsignal von 220 Hz benutzt.
Akustische Impedanz (gemessen in Einheiten von akustischen Ohm) und Compleancen (gemessen in cm^3) stehen in definiertem Zusammenhang und lassen sich ineinander überführen.

4.3 Tympanometrie

Die akustische Impedanz des Trommelfells ist am geringsten, wenn gleiche Druckverhältnisse im Gehörgang und im Mittelohr herrschen. Der vor dem Trommelfell bestehende Außendruck wird bei normal funktionierender Tube auch im Mittelohr aufgebaut, so daß das Trommelfell frei beweglich ist.
Die Compleance (Nachgiebigkeit) des Trommelfells spricht sehr empfindlich darauf an, wenn der Luftdruck im Gehörgang und im Mittelohr Differenzen aufweist.
Bei einem Unterdruck im Mittelohr (z. B. bei Tubenkatarrhen) kommt es zu einer Einziehung des Trommelfells und Auslenkung aus seiner optimalen Lage und damit zu einer Einschränkung der Beweglichkeit. Das auf das Trommelfell auftreffende Tonsignal wird in erhöhtem Maße reflektiert und weniger Energie vom Mittelohr absorbiert. Gleichzeitig kommt es zu einer Erhöhung der Impedanz bzw. Abnahme der Compleance in der Ebene des Trommelfells.
Wenn man nun bei diesen negativen Druckverhältnissen hinter dem Trommelfell den Druck vor dem Trommelfell so lange ändert, bis wieder gleiche Druckverhältnisse herrschen, wird man bei einem bestimmten negativen Druck die optimalen Impedanzverhältnisse erreichen. Dies ist ersichtlich in einem Maximum der Compleance.

Unter Tympanometrie versteht man allgemein die Registrierung der Impedanz- bzw. Compleanceänderungen über eine künstliche Änderung des Druckes im Gehörgang.
Wie man aus den obigen Ausführungen ersieht, müssen dem Raum vor dem Trommelfell drei Kanäle zugeleitet werden.



a = 220 Hz-Tongenerator
b = Phasenabstimmung
c = Amplitudenabstimmung
d = Verstärker
e = Voltmeter
f = Schalldruckregler
g = Pumpe
h = Manometer
i = Gummistopfen
1 = Lautsprecher 2 = Mikrofon 3 = Druckkanal

Abbildung 4 Schematische Darstellung der Tympanometrie (TERKILDSEN, 1964 /10/)

Der erste Kanal (1) führt den zugeleiteten Testton von 220 Hz, der entsprechend der vorgegebenen Compleance einen bestimmten Lautstärkepegel aufbaut. Über einen zweiten Kanal (2)

wird dieser Pegel registriert.
Der dritte Kanal (3) dient der Erzeugung von Über- und Unterdrucken. Die Sonde mit einem übergestreiften Gummistöpsel wird in den äußeren Gehörgang eingeführt und muß luftdicht abschließen. Dies wird kontrolliert, indem ein Überdruck von 300 mm Wassersäule eingestellt wird, wobei der Druck auf der Druckskala nicht sinken darf.

4.4 Tympanogramme bei normalen und bei pathologischen Verhältnissen im Mittelohr

Wird der Druck vor dem Trommelfell von plus 300 bis minus 300 mm Wassersäule kontinuierlich verändert, so lassen sich typische Kurven hinsichtlich des Impedanzverhaltens bei normalen und pathologischen Mittelohrverhältnissen feststellen.
Bei normaler Tubenventilation, d. h. bei normalen Druckverhältnissen im Mittelohr, kommt es im Bereich von ± 50 mm WS zur stärksten Impedanzänderung (Abb. 5a). Bei ± 300 mm WS ist praktisch keine Impedanzänderung mehr möglich.
Bei Unterdruckverhältnissen im Paukenraum kommt es zur Verschiebung der Kurve mit ihrem Gipfel (Umschlagpunkt) zu entsprechenden Unterdrucken. Abb. 5b zeigt das Tympanogramm eines Tubenkatarrhs ohne Erguß. Durch den Verschluß der Tube entsteht ein Unterdruck im Mittelohr mit Einziehung des Trommelfells. Der Gipfel der Kurve liegt in diesem Fall bei einem Druck von -200 mm WS.
Wenn zusätzlich noch ein Erguß im Paukenraum entsteht, bleibt die Kurve nach wie vor zu Unterdrucken verschoben, ist aber in der Höhe merklich verkleinert (Abb. 5c). Die Impedanzverhältnisse erfahren eine erhebliche Dämpfung.
Abb. 5d zeigt ein Tympanogramm, wie es gelegentlich bei Otosklerose vorkommt. Infolge der Fixation am ovalen Fenster kommt es zur elastischen Versteifung; die Kurve verläuft zwar symmetrisch zum O-Druck, der Gipfel ist aber in seiner

Höhe abgeflacht.
Im Gegensatz dazu zeigt Abb. 5e ein Tympanogramm bei Kettenluxation bzw. Unterbrechung. Es kommt zu einer deutlichen Versteilerung des Impedanzverlaufes gegenüber der Norm im Bereich von ± 50 mm WS. Außerdem erhöht sich durch die nicht angekoppelte Gehörknöchelchenkette die Compleance bzw. Nachgiebigkeit des Trommelfells. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Narbenbildung am Trommelfell.

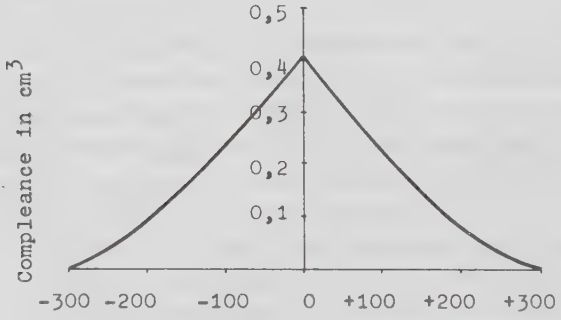


Abbildung 5 a Tympanogramm: normal

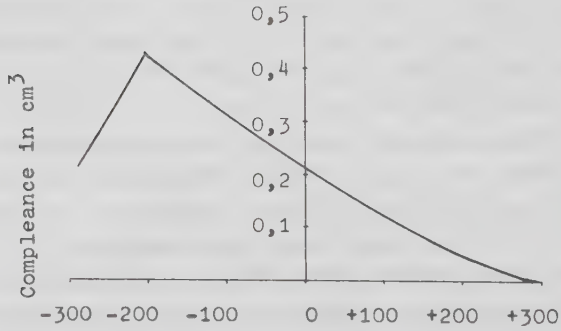


Abbildung 5 b Tympanogramm: Tubenkatarrh ohne Erguß

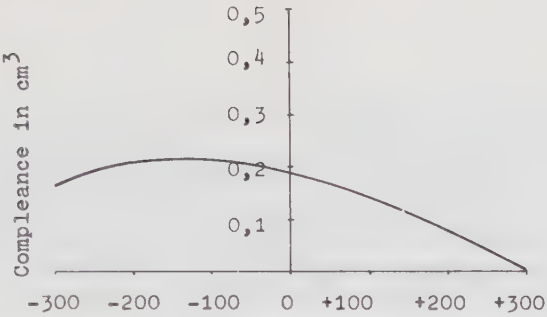


Abbildung 5 c Tympanogramm: Tubenkatarrh mit Erguß

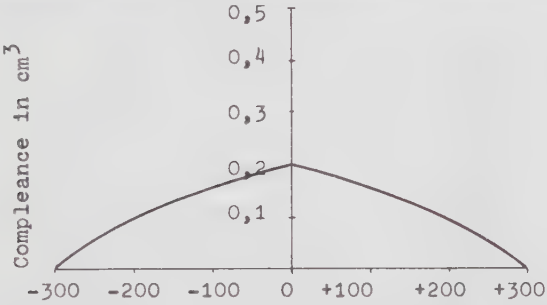


Abbildung 5 d Tympanogramm: Otosklerose

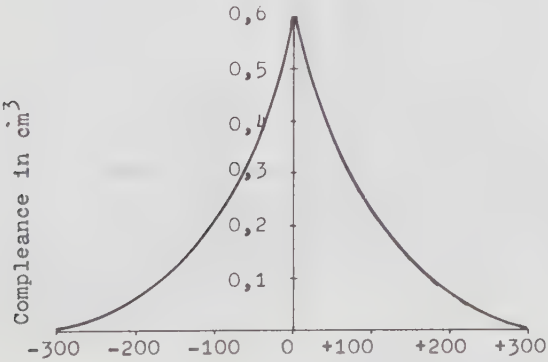


Abbildung 5 e Tympanogramm: Kettenluxation, Narbe

(OPITZ, SCHLÖNDORFF 8)

5. Meßvorgang, Ergebnisse

Um eine Beeinflussung der Tubenventilation bei Eingriffen im Epipharynx (AT) festzustellen, wurden bei 100 Kindern (Altersverteilung Abb. 6), bei denen eine Adenotomie indiziert war, Tympanogramme angefertigt.

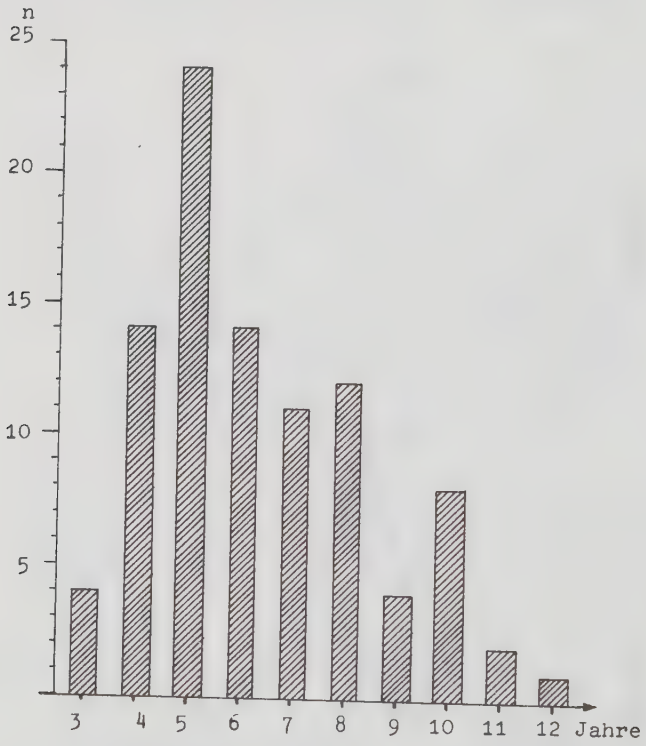


Abb. 6 Altersverteilung.

Es wurden nach Möglichkeit pro Patient 4 Tympanogramme geschrieben, und zwar vor der Operation, am 1., am 3. und am 5. Tag nach der Operation bzw. am Entlassungstag.
Dies war bei einem großen Teil der untersuchten Kinder möglich, da mit Ausnahme weniger neben der Adenotomie auch noch eine Tonsillektomie vorgenommen wurde, so daß eine Kontrolle während des stationären Aufenthaltes gegeben war.

Zusätzlich zur Tympanometrie wurde der VALSALVA- und TOYNBEE-Versuch durchgeführt. Diese Versuche haben jedoch bei unseren Untersuchungen aus verschiedenen Gründen keinen Aussagewert. Einmal hängt die Durchführung dieser Versuche von der Mitarbeit bzw. Verständnis der Kinder ab, so daß eine gleichmäßige Durchführung nicht möglich war; zum anderen sind die obigen Versuche an sich zur Tubenventilationsprüfung mit einem größeren Unsicherheitsfaktor belastet. Beim Valsalva-Versuch wird der aktive Tubenöffnungsmechanismus nicht erfaßt, der Toynbee-Versuch ist auch bei guter Tubenfunktion nur zu 50 % positiv. Schließlich ist der aktive Tubenöffnungsmechanismus in der frühen Kindheit aus anatomischen Gründen insuffizient.
HOLBOROW (4) zeigte, daß der M. levator veli palatini erst ab dem 10. Lebensjahr in der Lage ist, den medianen Tubenknorpel anzuheben.
Aus diesen Gründen haben wir die objektive Methode der Tympanometrie angewandt.
Die Messungen wurden vorgenommen ausgehend von einem Druck von + 300 mm WS bis zu einem Unterdruck von - 300 mm WS.
Bei 100 Kindern wurden 192 Mittelohren mit intaktem Trommelfell untersucht.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 aufgeführt:

Messung	Lage des Umschlagpunktes bei p/mm WS: ± 0 bis - 50	> - 50 bis - 100	- 150 bis - 300	kein Umschlags= punkt
vor TE, AT	148	12		
1.(2.)Tag nach Op.	57	15	54	24
3.(4.)Tag nach Op.	70	14	34	7
5.(6.)Tag nach Op.	62	4	19	1
vor TE, AT			17	15
1.(2.)Tag nach Op.	1		6	22
3.(4.)Tag nach Op.	4	2	3	15
5.(6.)Tag nach Op.	5	1	1	9

Abb. 7 TAB I: Tympanogramme geordnet nach Lage des Umschlagpunktes und Tag der Messung

In TAB I sind die vorliegenden Tympanogramme nach Lage ihres Kurvengipfels (Umschlagpunktes) und nach dem Tag der Messung geordnet. Aus dieser Zusammenstellung wird ersichtlich, daß der größte Teil der Tympanogramme (160, gemessen vor der Operation) einen normalen Verlauf hat. Es ist vorausgesetzt, daß eine Verschiebung zu Werten bis einschließlich - 100 mm WS noch innerhalb der Norm liegt.
17 Tympanogramme zeigen vor OP einen Gipfel ihrer Kurven im Bereich von - 150 bis - 300 mm WS;
15 Tympanogramme weisen vor OP keinen Umschlagpunkt innerhalb des Meßbereiches auf oder zeigen das Bild eines Ergusses.

Abb. 8 I: Lage des Umschlagpunktes der 192 Tympanogramme, gemessen vor dem Eingriff (AT)

In TAB II sind die 160 normalen Tympanogramme (vor OP) hinsichtlich ihres Umschlagpunktes a) geordnet nach dem Tag der letzten Messung vor Entlassung und b) geordnet nach dem Tag der ersten Messung nach der Operation.

	Lage des Umschlagpunktes bei p/mm WS				
Messung	± 0 bis - 100	- 150 bis - 300	kein Umschlags= punkt	Σ	
1.(2.)Tag nach Op.	8	7	5	20	12,5%
3.(4.)Tag nach Op.	37	16	2	55	34,5%
5.(6.)Tag nach Op.	63	21	1	85	53,0%
Σ	108	44	8	160	

Abb. 7 TAB II a) 160 Tympanogramme (normal vor Op) geordnet nach Lage des Umschlagpunktes und letzter Messung vor Entlassung

	Lage des Umschlagpunktes bei p/mm WS			
Messung	± 0 bis - 100	- 150 bis - 300	kein Umschlags= punkt	Σ
1.(2.)Tag nach Op.	67	61	21	149
3.(4.)Tag nach Op.	4	5	-	9
5.(6.)Tag nach Op.	2	-	-	2
Σ	73	66	21	160

Abb. 7 TAB II b) 160 Tympanogramme (normal vor Op) geordnet nach Lage des Umschlagpunktes und erster Messung nach Op.

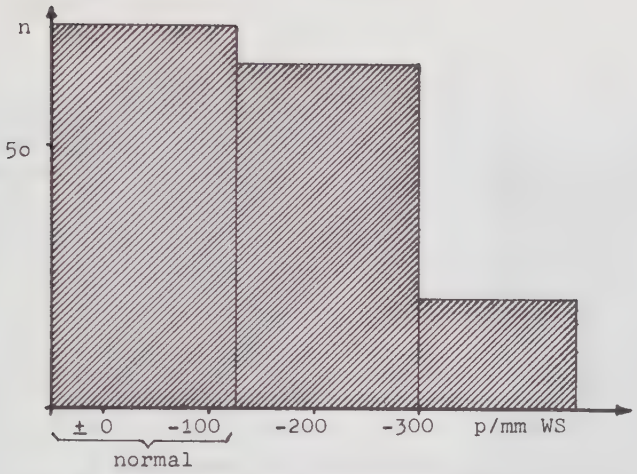


Abb. 8 II a) Lage des Umschlagpunktes der 160 Tympanogramme (normal vor Op.) bei der ersten Messung nach Op.

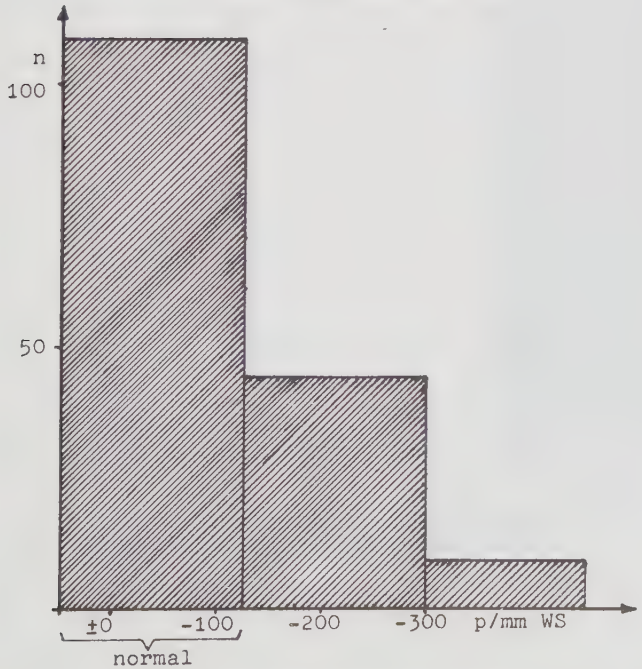


Abb. 8 II b) Lage des Umschlagpunktes der 160 Tympanogramme (normal vor Op.) bei der letzten Messung vor Entlassung.

Abb. 8 II c) Lage des Umschlagpunktes der 160 Tympanogramme vor dem Eingriff, (AT,TE)

Aus dieser Zusammenstellung ist zu erkennen, daß durch den Eingriff (AT) zweifellos die Tubenventilation beeinflußt wird. Von den 160 Tympanogrammen, die vor der Operation einen normalen Verlauf aufwiesen, zeigen 87 (54, 5 %) bei der ersten Messung nach der OP eine Verschiebung des Umschlagpunktes zu negativen Drücken (von -150 bis -300 mm WS) oder haben keinen Umschlagpunkt innerhalb des Meßbereiches.

Bei der letzten Messung vor Entlassung zeigen nur noch 52 von den 160 Tympanogrammen (32, 5%) eine derartige Verschiebung zu negativen Drucken.

Dies macht deutlich, daß die Schädigung der Tubenventilation durch den Eingriff (AT) im Sinne eines Tubenkatarrhs rückläufig ist.

In Tabelle III sind 17 Tympanogramme, die vor der AT ihren Umschlagpunkt im Druckbereich von -150 bis -300 mm WS hatten (Tubenkatarrh) a) geordnet nach letzter Messung vor Entlassung und b) geordnet nach erster Messung nach OP, aufgeführt.

Lage des Umschlagpunktes bei p/mm WS

Messung	± 0 bis - 100	- 150 bis - 300	kein Umschlag-punkt
1.(2.) Tag nach OP	-	1	2
3.(4.) Tag nach OP	2	3	-
5.(6.) Tag nach OP	5	-	4
Σ	7	10	6

Abb. 7 TAB. III a) 17 Tympanogramme, die vor OP ihren Umschlagpunkt im Bereich eines Druckes von -150 bis -300 mm WS hatten, geordnet nach letzter Messung vor Entlassung

Lage des Umschlagpunktes bei p/mm WS

Messung	± 0 bis - 100	- 150 bis - 300	kein Umschlag-punkt
1.(2.) Tag nach OP	1	6	10
3.(4.) Tag nach OP	-	-	-
5.(6.) Tag nach OP	-	-	-
Σ	1	6	10

Abb. 7 TAB III b) 17 Tympanogramme, die vor OP ihren Umschlagpunkt im Bereich eines Druckes von -150 bis -300 mm WS hatten, geordnet nach erster Messung nach OP

Aus der Tabelle III b ist zu entnehmen, daß auch die Tympanogramme, die schon vor der OP eine Verschiebung zu negativen Drucken zeigten, durch den Eingriff in der Weise beeinflußt werden, daß bei 10 von 17 Tympanogrammen am ersten Tag nach der Operation innerhalb des Meßbereiches (bis -300 mm WS) kein Umschlagpunkt zu finden war.

Aus Tabelle III a wird ersichtlich, daß diese Beeinflussung (Behinderung der Tubenventilation) rückläufig ist.
Bei 7 von 17 Tympanogrammen zeigt sich sogar bei der letzten Messung vor der Entlassung eine Normalisierung der Druckverhältnisse im Mittelohr. Dies hat sicherlich seine Ursache darin, daß mit Entfernung der adenoiden Vegetationen die Verlegung des pharyngealen Tubenostiums und damit eine Behinderung der Tubenventilation beseitigt wurde.

Schließlich sind in TAB IV die 15 Tympanogramme, die vor dem Eingriff (AT) keinen Umschlagpunkt innerhalb des Meßbereiches hatten, bzw. das Bild eines Ergusses boten a) geordnet nach letzter Messung vor Entlassung und b) geordnet nach erster Messung nach OP, aufgeführt.

Bei Betrachtung dieser Tabelle fällt auf, daß bei der ersten Messung nach OP keine Veränderungen der Tympanogramme festzustellen sind.
Bei der letzten Messung vor Entlassung zeigen lediglich 2 von 15 Tympanogrammen eine Normalisierung.

Lage des Umschlagpunktes bei p/mm WS

Messung	±0 bis - 100	- 150 bis - 300	kein Umschlag-punkt
1.(2.) Tag nach OP	-	-	-
3.(4.) Tag nach OP	1	-	4
5.(6.) Tag nach OP	1	-	9
Σ	2	-	13

Abb. 7 TAB IV a) 15 Tympanogramme, doe vor OP keinen Umschlagpunkt, bzw. das Bild eines Ergusses zeigten, geordnet nach letzter Messung vor Entlassung

Lage des Umschlagpunktes bei p/mm WS

Messung	±0 bis - 100	- 150 bis - 300	kein Umschlag-punkt
1.(2.(Tag nach OP	-	-	12
3.(4.) Tag nach OP	-	-	3
5.(6.) Tag nach OP	-	-	-
Σ	-	-	15

Abb. 7 TAB IV b) 15 Tympanogramme, die vor OP keinen Umschlagpunkt, bzw. das Bild eines Ergusses zeigten, geordnet nach erster Messung nach OP

6. Fallbeschreibungen, Diskussion

6.1 Im Folgenden werden einige typische Beispiele vorgestellt.

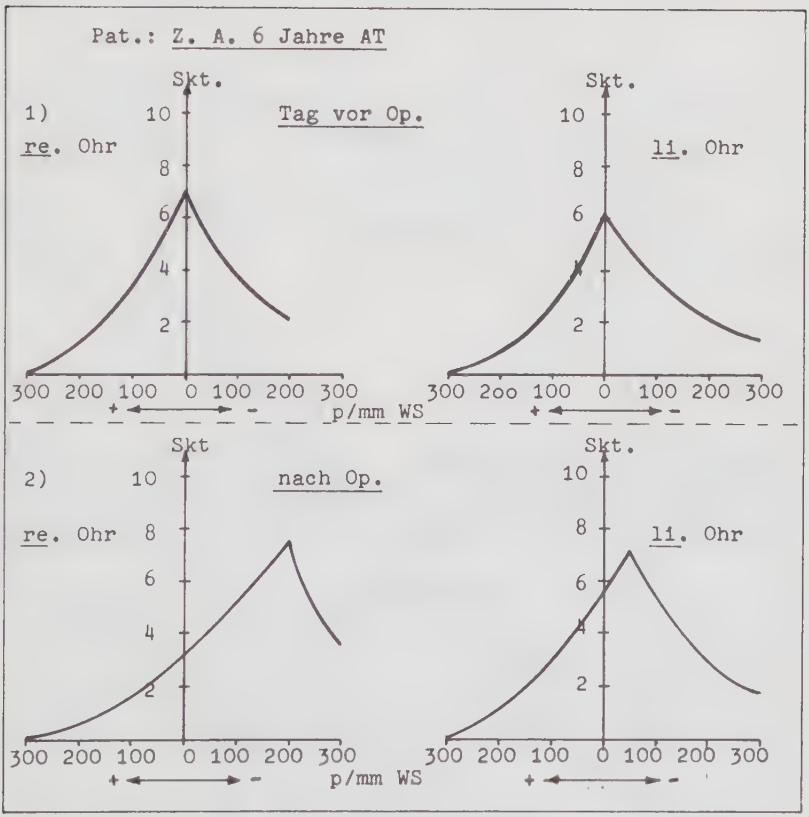
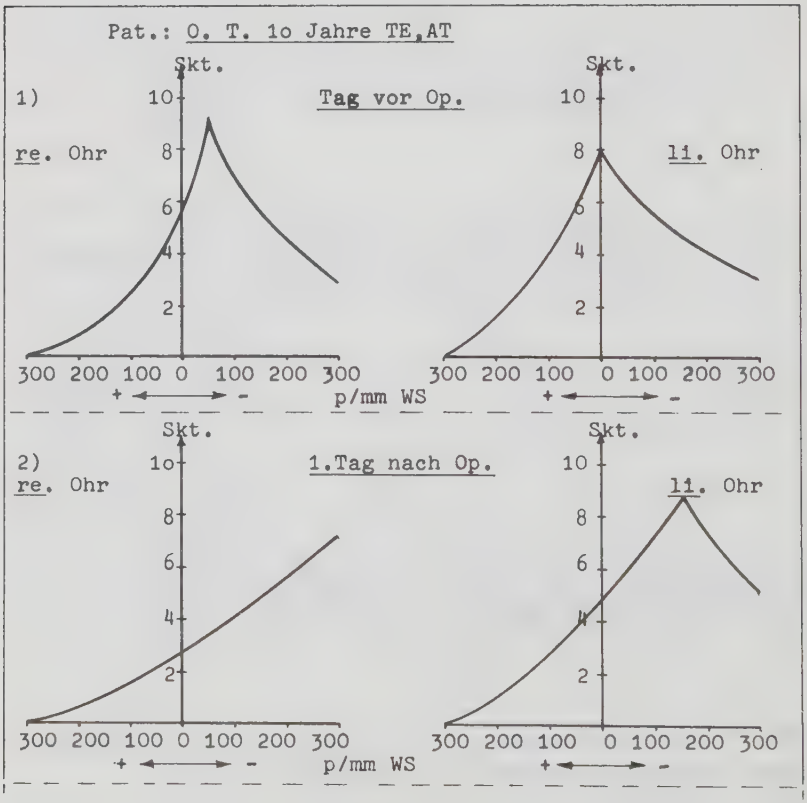


Abb. 9: (1) Am Tage vor der Operation zeigen die Tympanogramme beider Mittelohren einen normalen Verlauf.
(2) Am Nachmittag nach der OP (nur AT) ist das Tympanogramm des rechten Mittelohres nach -200 mm WS verschoben, während

man das Tympanogramm des linken Ohres als normal bezeichnen kann. Weitere Messungen waren nicht möglich, da das Kind entlassen wurde. Wenn nur eine Adenotomie durchgeführt wird, werden die Patienten lediglich einen Tag stationär behandelt.



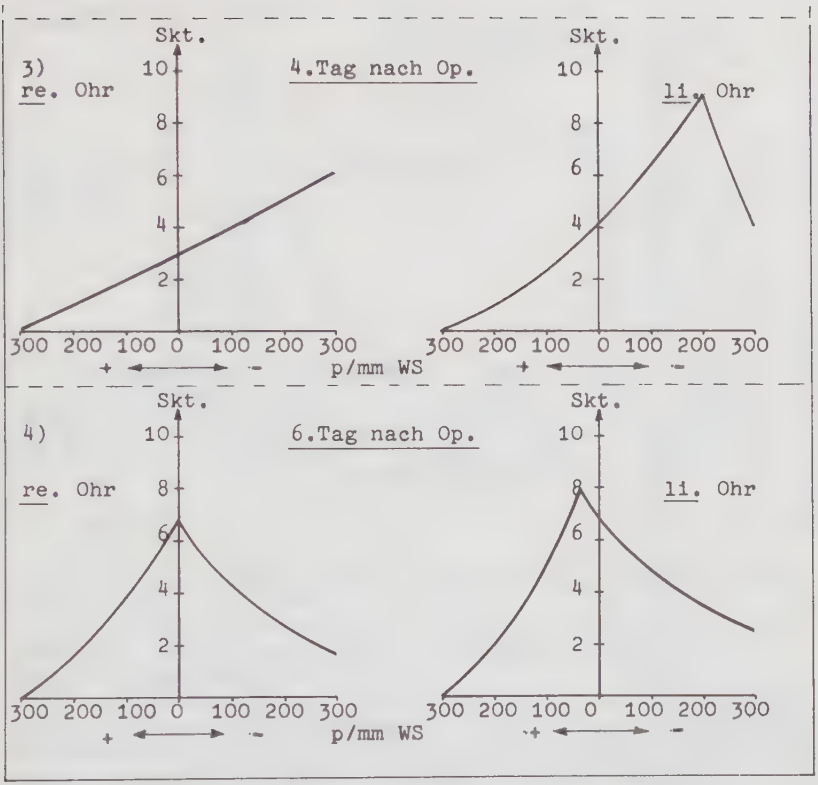
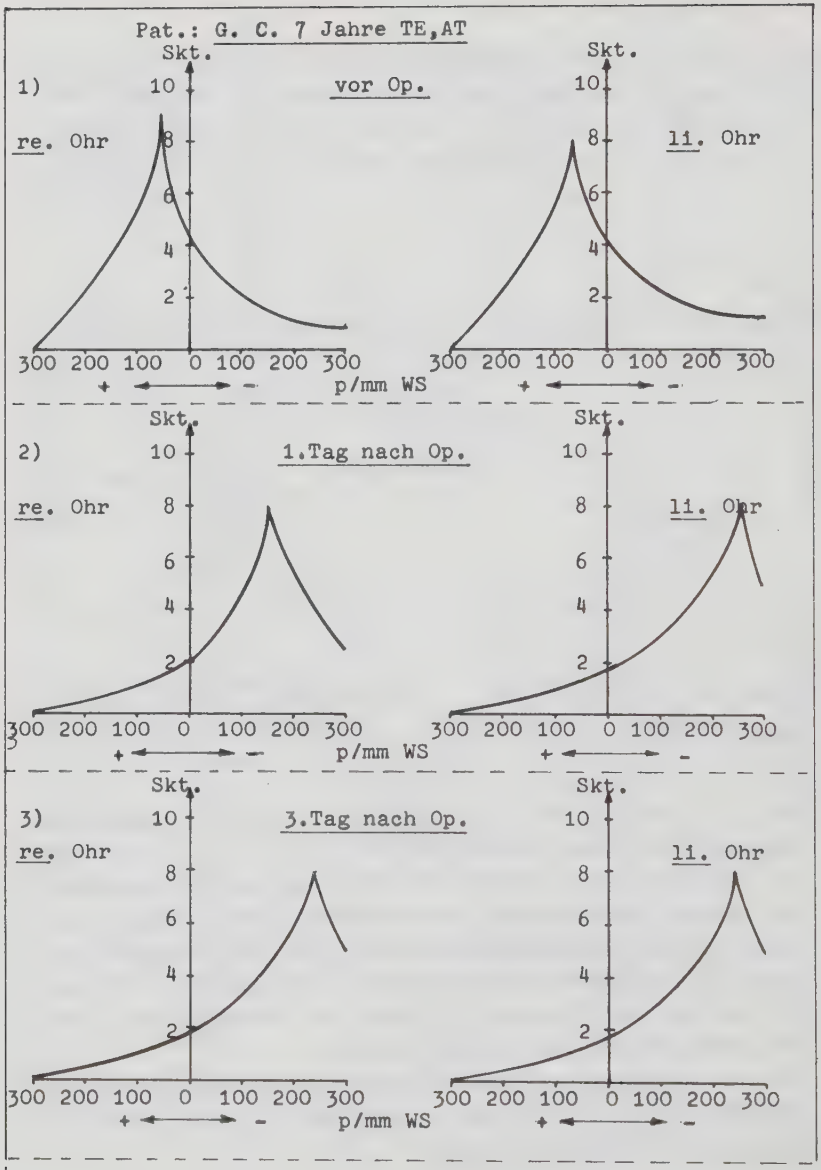


Abb. 10: Am Tage vor dem Eingriff haben die Tympanogramme beider Ohren einen normalen Verlauf (1).
(2) Am ersten Tag nach OP (AT,TE) zeigt das Tympanogramm des rechten Ohres keinen Umschlagpunkt. Die Kurve steigt bis - 300 mm WS kontinuierlich an. Das Tympanogramm des linken Ohres hat sein Maximum bei dem Druck von - 150 mm WS.
(3) Am vierten Tag nach OP zeigen die Tympanogramme einen ähnlichen Verlauf wie am ersten Tag.
(4) Am sechsten Tag nach OP haben sich die Druckverhältnisse in beiden Mittelohren wieder normalisiert - die Tympanogramme verlaufen normal.


Pat.: G. C. 7 Jahre TE,AT
Skt.
1)
vor Op.
re. Ohr
li. Ohr
10
8
6
4
2
300 200 100 0 100 200 300
+
-
p/mm WS
2)
1.Tag nach Op.
re. Ohr
li. Ohr
3)
3.Tag nach Op.
re. Ohr
li. Ohr

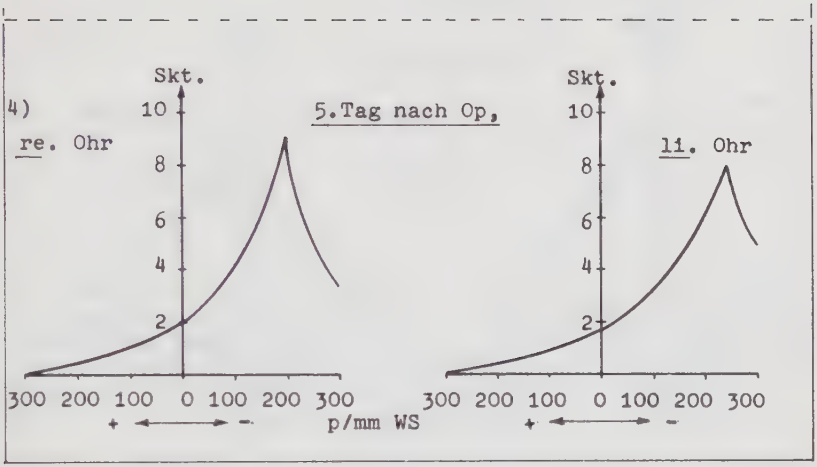
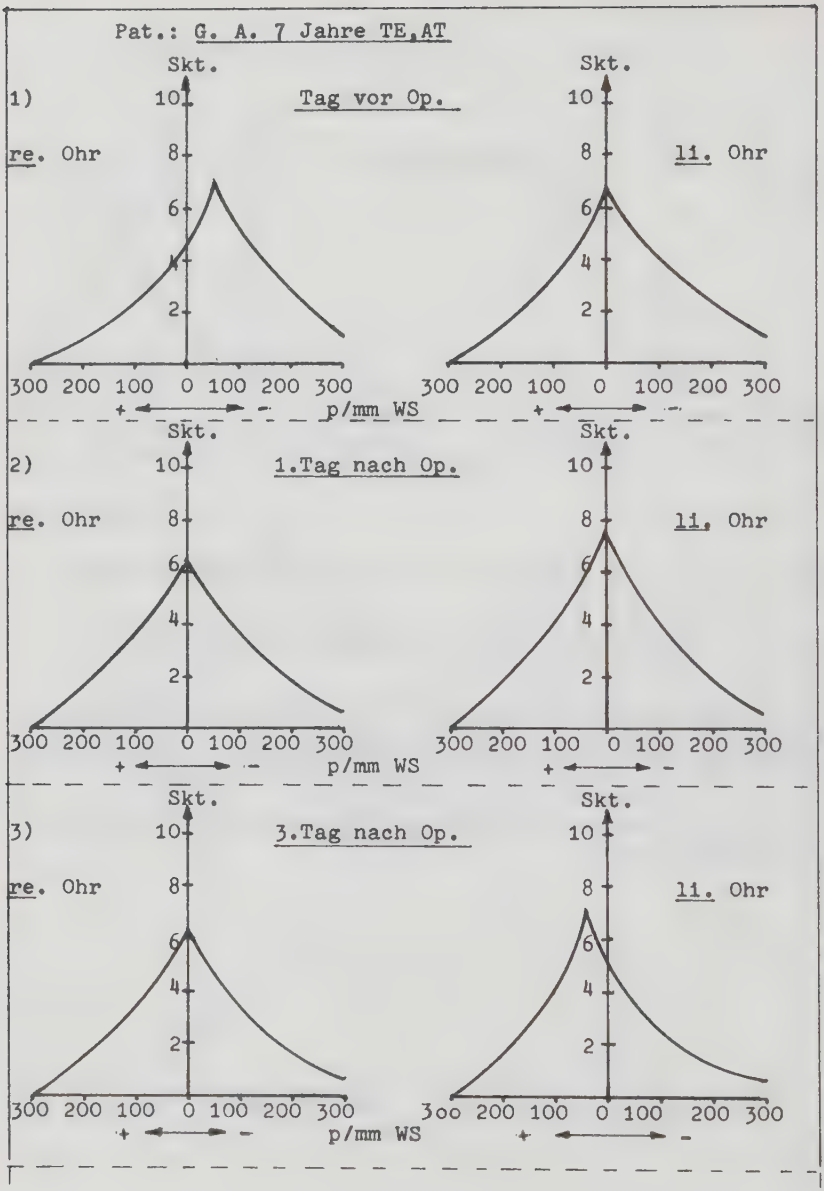


Abb. 11: (1) Vor dem Eingriff verlaufen die Tympanogramme beider Mittelohren normal.

(2) Am ersten Tag nach der OP (TE, AT) zeigt das Tympanogramm des rechten Mittelohres ein Maximum bei -150 mm WS, das des linken bei -250 p/mm WS.

(3) Am dritten Tag nach der OP erfährt das Tympanogramm des rechten Mittelohres eine weitere Verschiebung zu negativen Druckwerten (-250 mm WS); das Tympanogramm des linken Mittelohres verändert sich gegenüber der letzten Messung nicht.

(4) Der Verlauf der Tympanogramme, gemessen am fünften Tag nach OP, zeigt keine Besserung der Druckverhältnisse in beiden Mittelohren an.


Pat.: G. A. 7 Jahre TE,AT
Skt.
1)
Tag vor Op.
re. Ohr
li. Ohr
10
8
6
4
2
300 200 100 0 100 200 300
+
-
p/mm WS
2)
1.Tag nach Op.
3)
3.Tag nach Op.

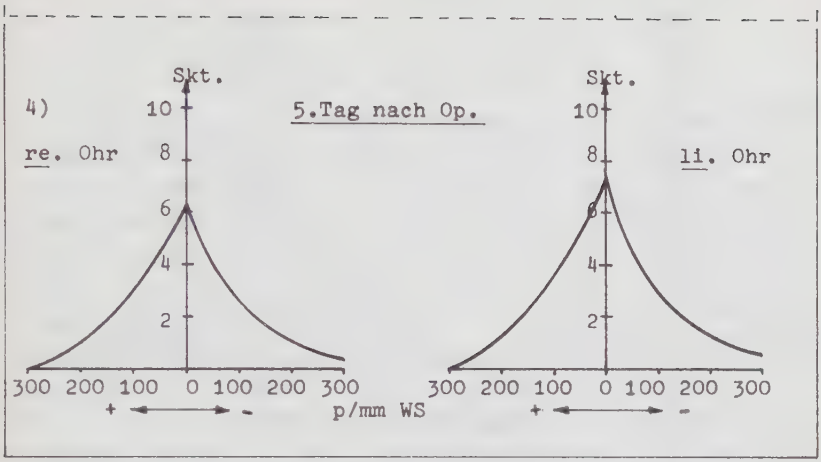


Abb. 12: Hier ist ein Fall dargestellt, bei dem der Verlauf der Tympanogramme sowohl vor als auch nach dem Eingriff (TE, AT) einen normalen Verlauf zeigt. Durch den Eingriff wurde in diesem Fall die Tubenventilation nicht beeinflußt.

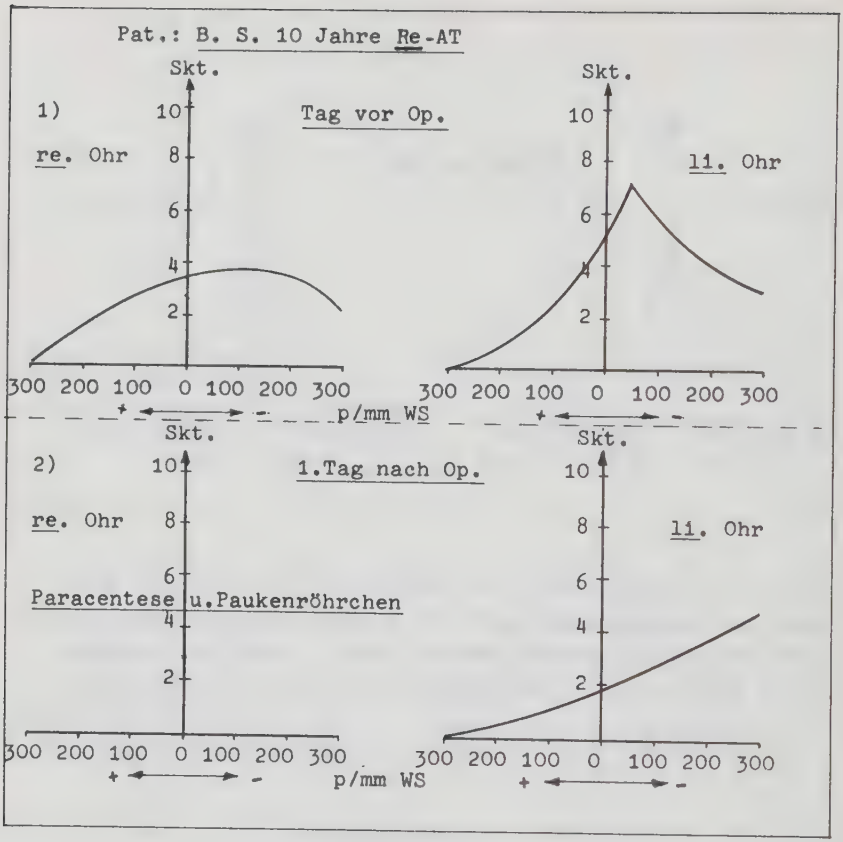


Abb. 13: (1) Vor dem Eingriff (Re-AT) zeigt das Tympanogramm des linken Ohres einen normalen Verlauf, während der Verlauf der Kurve des rechten Mittelohres auf einen Erguß hinweist.
(2) Am ersten Tag nach der OP findet sich im Tympanogramm des linken Ohres kein Umschlagpunkt. Rechts wurde eine Parazentese vorgenommen und ein Paukenröhrchen gelegt, so daß keine Messung möglich war. Weitere Messungen wurden nicht durchgeführt, da das Kind entlassen wurde.

6.2 Diskussion

Von 160 präoperativ normalen Tympanogrammen, die auf eine normale Tubenfunktion hinweisen, zeigen 87 (54, 5%) bei den ersten Messungen nach dem Eingriff (Adenotomie) eine Abweichung von der Norm; ihre Umschlagpunkte sind zu Druckwerten von mehr als minus 100 mm Wassersäule verschoben. Dies zeigt, daß durch die Adenotomie (AT) die Tubenventilation behindert wird.
Es entsteht ein Unterdruck in den Mittelohrräumen, der das Trommelfell in Richtung Steigbügelfußplatte zieht.
Bei den letzten Messungen vor der Entlassung zeichnet sich eine Normalisierung ab (siehe Abb. 7 Tab. II), so daß nur noch 52 von den 160 präoperativ normalen Tympanogrammen (32, 5 %) auf abnorme Unterdruckverhältnisse in den Mittelohrräumen hinweisen.

Auch die 17 untersuchten Mittelohren, deren Tympanogramme präoperativ auf einen Tubenkatarrh hinweisen, bestätigen obigen Trend.
Bei den ersten postoperativen Messungen ist eine weitere Verschiebung der Tympanogramme zu negativen Drucken hin zu beobachten, die bei letzten Messungen wieder rückläufig ist, ja sogar in 7 Fällen eine Normalisierung der Druckverhältnisse im Mittelohr anzeigt.
Letzteres ist sicher dadurch zu erklären, daß mit dem Eingriff (AT) die Ursache der Tubenventilationsstörung beseitigt wurde.

Die 15 untersuchten Mittelohren, deren Tympanogramme präoperativ keinen Umschlagpunkt innerhalb des Meßbereiches aufweisen, bzw. das Bild eines Ergusses bieten, sind hinsichtlich der Fragestellung einer Beeinflussung der Tuben-

ventilation durch einen Eingriff im Epipharynx nicht auszuwerten.

Aus obigen Ergebnissen geht hervor, daß bei Operationen mit Tympanoplastik und gleichzeitigen Eingriffen im Epipharynx (AT) durch eine Beeinträchtigung der Tubenventilation der Operationserfolg der Tympanoplastik gefährdet werden kann.
Durch Ausbildung eines Unterdruckes im Mittelohr kann sich das Trommelfelltransplantat in Richtung Steigbügelfußplatte verlagern, und es kann ein Adhäsivprozeß entstehen.
Die Tympanoplastik zeigt dann nicht den erwarteten gehörverbessernden Erfolg.

Daraus ist der Schluß zu ziehen, daß eine gehörverbessernde Operation mit Tympanoplastik nicht gleichzeitig mit einer Adenotomie vorgenommen werden sollte.

Falls eine Adenotomie indiziert ist und gleichzeitig ein Defekt des Schalleitungsapparates vorliegt, der durch Tympanoplastik verbessert werden soll, sollte nach erfolgter Adenotomie erst die Normalisierung der Druckverhältnisse im Mittelohr abgewartet werden und erst im Anschluß daran die Tympanoplastik erfolgen.

7. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird die Beeinflussung der Tubenventilation bei Eingriffen im Epipharynx (Adenotomie) untersucht.

Aus dieser Fragestellung wurden bei 100 Patienten (Kindern) präoperativ (Tag vor OP) und postoperativ (wenn möglich am 1.,3. und 5. Tag nach OP) Tympanogramme geschrieben.

Anhand der Untersuchungen wurde bei einem großen Teil der Fälle eine Beeinträchtigung der Tubenventilation im Sinne eines Tubenkatarrhs festgestellt.
Diese Beeinträchtigung bildet sich im Laufe der postoperativen Zeit zurück.

Diese Beobachtung führt zu dem Schluß, daß ein Eingriff im Epipharynx (AT) nicht synchron mit einer Tympanoplastik vorgenommen werden sollte, um den gehörverbessernden Operationserfolg nicht zu gefährden.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. DISHOECK, H.A. v.: Das Pneumophon
Arch.Ohr.-,Nas.-u.Kehlk.-Heilk. 144 (1937) 53

2. FALK, P., MAURER, H.: Die entzündlichen Erkrankungen des Rachens
In: Berendes/Link/Zöllner: Handbuch der HNO-Heilkunde, Bd. II, T. 1
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1963

3. FELDMANN, H.: Physiologie und Pathophysiologie der Mittelohrventilation
Z. Laryng. Rhinol. 52 (1973) 471

4. HOLBOROW: Zitat bei MÜNKER

5. KRAUS, H.: Der Einfluß der adenoiden Vegetationen auf die Otorrhoe bei akuten und chronischen Otitiden
Mschr. Ohrenheilk. 81 (1947) 119

6. MÜNKER, G.: Beitrag zur Diagnose und Therapie kindlicher Schalleitungsschwerhörigkeiten
Z. Laryng. Rhinol. 51 (1972)

7. OPITZ, H.-J.: Grundlagen und Methoden der Impedanzmessung
Audiotechnik 19, 1972 Nr. 19

8. OPITZ, H.-J., SCHLÖNDORFF, G.: Der Wert der Impedanzmessung für die Diagnostik von Mittelohrerkrankungen
Audiotechnik 20, 1973 Nr. 20

9. SCHUSTER, K.: Eine Methode zum Vergleich akustischer Impedanzen
Physik. Z. 35 (1934) 408

10. TERKILDSEN, K.: Clinical application of impedance measurements with a fixed frequency technique
Intern. Audiol. 3 (1964) 147

11. TIEDEMANN, R.: Seröse Entzündungen des Mittelohres und der Tube
in: Berendes/Link/Zöllner:
Handbuch der HNO-Heilkunde,
Bd. III, T. 2
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1966

12. ZÖLLNER, F.: Anatomie, Physiologie, Pathologie und Klinik der Ohrtrompete
Springer Verlag Berlin 1942

13. ZÖLLNER, F.: Widerstandsmessungen an der Ohrtrompete zur Prüfung ihrer Wegsamkeit
Arch.Ohr.-,Nas.-u.Kehlk.-Heilk.
140 (1935) 137

14. ZWISLOCKI, I.: Acoustic measurements of the middle ear function
Ann. Otol. (St.Louis) 70 (1961) 599

Lebenslauf

Persönliches:	Franz T e m p geboren am 9. Juni 1951 in Schiefbahn, Kreis Kempen Eltern: Gerhard Temp und Ehefrau, Anneliese, geb. Zensen
Schulbildung:	1957 - 1961 Kath. Volksschule in Schiefbahn 1961 - 1966 Altsprachl. Progymnasium St. Bernhard, Schiefbahn 1966 - 1969 Städt. humanistisches Gymnasium in Viersen 30. Mai 1969 Reifezeugnis
Wehrdienst:	1. Juli 1969 bis 1. April 1970
Studium:	Immatrikulation an der Universität Bonn ab SS 1970 zum Studium der Zahnmedizin. Naturwissenschaftliche Vorprüfung am 2. März 1971. Zahnärztliche Vorprüfung am 26. September 1972. Zahnärztliche Prüfung am 15. Dezember 1975